



WEIXIU DIANGONG ZHIYE JINENG JICHU

维修电工

职业技能基础

张树江 闫 兵 等编著



以就业为导向

以技能为目标

提炼基础知识

强化实用技能



化学工业出版社

维修电工

职业技能基础

张树江 闫 兵 等编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书把维修电工理论知识和实践训练有机地融合在一起,详细介绍了维修电工应知应会的知识和技能。内容包括:电工基础及基本技能;电子电路基础及安装调试技能;变压器、电动机基础及维修技能;低压电器基础及使用技能;三相电动机控制电路分析及安装技能;变频器基础及使用技能;可编程控制器基础及控制技能;维修电工安全用电技能。每一部分内容分为知识充电站和实战训练场两部分,读者在学习完相关理论知识后,先经过模拟考场的检验,然后再到实战训练场中得到锻炼,真正地将理论与实践融汇贯通。

本书可作为高、中等职业学校机电类专业教材或教学参考书,以及普惠制教育电工职业技能培训教材,也可供维修电工和电工技术爱好者学习使用。



图书在版编目(CIP)数据

维修电工职业技能基础/张树江, 闫兵等编著. —北京: 化学工业出版社, 2015. 2

ISBN 978-7-122-22515-3

I. ①维… II. ①张…②闫… III. ①电工-维修 IV. ①TM07

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 289136 号

责任编辑: 刘丽宏

文字编辑: 余纪军

责任校对: 宋 玮

装帧设计: 刘丽华

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 北京云浩印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 25 字数 657 千字 2015 年 3 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 79.00 元

版权所有 违者必究

就业,一直是各国政府高度关注的问题。我国人口众多,就业问题显得尤为重要,已成为目前社会最为关注的焦点问题之一。而就业往往与劳动者的技能紧密相关,掌握一门过硬的专业技能,在竞争激烈的劳动力市场上会为应聘者增加就业砝码。针对学习电气类及相关学科的人来说,掌握维修电工所具备的职业技能,才能更好地把专业理论应用到实践中去,真正做到学以致用。为此,我们编写了本书。

本书把维修电工理论知识和实践训练有机地融合在一起,分八个专题详细介绍维修电工应知应会的知识和技能:电工基础及基本技能;电子电路基础及安装调试技能;变压器、电动机基础及维修技能;低压电器基础及使用技能;三相电动机控制电路分析及安装技能;变频器基础及使用技能;可编程序控制器基础及控制技能;维修电工安全用电技能。每一部分内容分为知识充电站和实战训练场两部分,读者在学习完相关理论知识后,先经过模拟考场的检验,然后再到实战训练场中得到锻炼,真正地将理论与实践融汇贯通。

全书内容图文并茂,由浅入深,在理论知识必须、够用的前提下,强化实践技能的训练,体现“以应用为目的,以就业为导向”的职业教育理念。本书可作为高、中等职业学校机电类专业教材或教学参考书,以及普惠制教育电工职业技能培训教材,也可供维修电工和电工技术爱好者学习使用。

本书由辽宁石油化工大学张树江、闫兵、于水、李芳、王宏宇、阚哲编著。由于编者水平有限,书中不足之处难免,恳请广大读者多提宝贵意见,以便修订时加以完善。

编著者

第1章 电工基础及基本技能

1

1.1 知识充电站—直流电基本知识	1
1.1.1 电路基础	1
1.1.2 电路元件	4
1.1.3 欧姆定律	8
1.1.4 电功率、电能和焦耳定律	9
1.1.5 电阻的串联、并联及混联	10
1.2 知识充电站—电磁基本知识	11
1.2.1 磁体与磁极	11
1.2.2 通电导体产生的磁场	12
1.2.3 电磁感应	12
1.2.4 自感与互感	13
1.3 知识充电站—维修电工常用仪表	14
1.3.1 万用表	14
1.3.2 绝缘电阻表	17
1.3.3 钳形电流表	18
1.4 知识充电站—正弦交流电基础	19
1.4.1 单相交流电	19
1.4.2 三相交流电	24
1.5 知识充电站—维修电工常用工具、材料	26
1.5.1 维修电工常用工具	26
1.5.2 维修电工常用材料	29
模拟考场	32
1.6 实战训练场—常用工具、仪表的使用	34
1.7 实战训练场—绝缘导线的剖削、连接及绝缘恢复	36
1.8 实战训练场—瓷绝缘子电路配线	38
1.9 实战训练场—塑料槽板配线	41
1.10 实战训练场—单相照明电路的安装	44
1.11 实战训练场—单相电能表电路的安装	48
1.12 实战训练场—三相四线制电能表电路的安装	51
1.13 实战训练场—量配电装置的安装	53

第2章 电子电路基础及安装调试技能

57

2.1 知识充电站—半导体器件	57
2.1.1 二极管	57

2.1.2	三极管	65
2.1.3	场效应管	70
2.2	知识充电站—晶体管放大电路	72
2.2.1	基本放大电路的组成及工作原理	72
2.2.2	放大电路的静态分析	74
2.2.3	放大电路的动态分析	75
2.3	知识充电站—直流稳压电路	81
2.3.1	整流电路	81
2.3.2	滤波电路	83
2.3.3	稳压电路	84
模拟考场		86
2.4	实战训练场—常用电子元件的识别与测试	87
2.4.1	电阻器的识别与测试	87
2.4.2	电容器的识别与测试	95
2.4.3	电感的识别与测试	99
2.4.4	二极管的识别与测试	103
2.4.5	三极管的识别与测试	107
2.5	实战训练场—单相半波整流电路的安装调试	112
2.6	实战训练场—单相全波整流电路的安装调试	115
2.7	实战训练场—晶体管放大电路的安装与调试	118
2.8	实战训练场—三端稳压集成电路的安装调试	121
2.9	实战训练场—电子电路的检修	124

第3章 变压器、电动机基础及维修技能

131

3.1	知识充电站—变压器的基础知识	131
3.1.1	结构与工作原理	131
3.1.2	基本功能	132
3.1.3	变压器的分类及参数	133
3.1.4	变压器的型号命名方法	135
3.1.5	极性判别	136
3.2	知识充电站—三相变压器	136
3.2.1	绕组的首尾端标记与极性	136
3.2.2	三相变压器的工作接线方法	137
3.3	知识充电站—电力变压器	138
3.3.1	结构、分类与型号	138
3.3.2	连线方式	142
3.3.3	电力变压器的检查与维护	143
3.4	知识充电站—三相异步电动机	144
3.4.1	三相异步电动机工作原理	145
3.4.2	三相异步电动机的构造	145
3.4.3	三相异步电动机的铭牌	147
3.4.4	三相绕组首尾端的判别	148
3.4.5	常见故障及处理方法	150
3.5	知识充电站—直流电动机	153
3.5.1	直流电动机的结构	153
3.5.2	直流电动机的工作原理	154

3.5.3 直流电动机的接线·····	156
3.5.4 常见故障及处理方法·····	156
模拟考场·····	157
3.6 实战训练场—变压器同名端的判别·····	160
3.7 实战训练场—三相笼型异步电动机的安装·····	162
3.8 实战训练场—三相笼型异步电动机的拆装·····	167
3.9 实战训练场—三相笼型异步电动机的维修·····	171

第4章 低压电器基础及使用技能

176

4.1 知识充电站—低压电器概述·····	176
4.1.1 低压电器的基础知识·····	176
4.1.2 刀开关·····	177
4.1.3 组合开关·····	178
4.2 知识充电站—低压断路器·····	179
4.2.1 低压断路器的分类·····	179
4.2.2 低压断路器的结构与工作原理·····	180
4.2.3 低压断路器的检测·····	182
4.3 知识充电站—接触器·····	183
4.3.1 接触器的分类·····	183
4.3.2 接触器的结构和工作原理·····	183
4.3.3 接触器的主要技术参数·····	185
4.4 知识充电站—熔断器·····	186
4.4.1 熔断器的结构与工作原理·····	186
4.4.2 熔断器的分类·····	187
4.4.3 熔断器的主要技术参数·····	188
4.5 知识充电站—继电器·····	189
4.5.1 热继电器·····	189
4.5.2 电磁继电器·····	191
4.5.3 时间继电器·····	193
4.5.4 速度继电器·····	196
4.5.5 压力继电器·····	197
4.6 知识充电站—漏电保护器·····	197
4.6.1 漏电保护器的结构与工作原理·····	197
4.6.2 漏电保护器的分类·····	199
4.6.3 漏电保护器的主要技术参数·····	200
4.7 知识充电站—主令电器·····	200
4.7.1 控制按钮·····	200
4.7.2 行程开关·····	202
4.7.3 主令控制器·····	203
模拟考场·····	204
4.8 实战训练场—低压开关的安装使用与维修·····	205
4.8.1 刀开关的安装使用与维修·····	205
4.8.2 组合开关的安装使用与维修·····	208
4.9 实战训练场—低压断路器的安装使用与维修·····	210
4.10 实战训练场—交流接触器的拆装与维修·····	213
4.11 实战训练场—低压熔断器的识别与检修·····	216

4.12 实战训练场—常用继电器的识别和维修	219
4.12.1 热继电器的识别和维修	219
4.12.2 电磁式继电器的识别和维修	221
4.12.3 时间继电器的识别和维修	223
4.12.4 速度继电器的识别和维修	225
4.13 实战训练场—漏电保护器的安装使用	226
4.14 实战训练场—主令电器的识别与检修	229
4.14.1 控制按钮的识别与检修	229
4.14.2 行程开关的识别与检修	230
4.14.3 主令控制器的识别与检修	231

第5章 三相电动机控制电路分析及安装技能

233

5.1 知识充电站—电气识图基础	233
5.1.1 电气图的组成	233
5.1.2 识读电气图的基本步骤	234
5.1.3 电气电路图的识图方法	235
5.2 知识充电站—常用控制线路	237
5.2.1 三相电动机的单向启动控制	237
5.2.2 三相电动机的正、反转控制	240
5.2.3 三相电动机的位置控制	244
5.2.4 三相电动机的 Y- Δ 降压启动控制	247
5.2.5 三相电动机的制动控制电路	251
5.2.6 多点控制电路	252
5.2.7 电动机的调速控制	256
模拟考场	262
5.3 实战训练场—电动机点动与连续启动控制电路的安装	263
5.4 实战训练场—电动机正、反转控制电路的安装	269
5.5 实战训练场—电动机自动往返控制电路的安装	273
5.6 实战训练场—电动机 Y- Δ 减压启动控制电路的安装	275
5.7 实战训练场—电动机反接制动控制电路的安装	277
5.8 实战训练场—初级维修电工理论考核模拟试题	279

第6章 变频器基础及使用技能

286

6.1 知识充电站—基本结构原理	286
6.1.1 变频器的基本类型	286
6.1.2 变频器的基本原理	288
6.2 知识充电站—变频器的基本控制功能与电路	289
6.2.1 变频器的基本控制功能	289
6.2.2 变频器的外围电路	291
6.3 知识充电站—变频器的参数设置	293
6.4 知识充电站—变频器的应用宏	296
6.5 知识充电站—变频器的维护与保养	299
6.5.1 通用变频器的维护与保养	299
6.5.2 变频器的故障诊断	299
模拟考场	301
6.6 实战训练场—风机变频调速系统的设计、安装和调试	302

7.1 知识充电站—可编程序控制器 (PLC) 简介	309
7.1.1 PLC 控制系统与继电器-接触器逻辑控制系统比较	309
7.1.2 PLC 的特点	310
7.1.3 PLC 的分类	310
7.1.4 PLC 的结构与工作原理	311
7.2 知识充电站—三菱 PLC 基本指令系统	317
7.2.1 三菱 PLC 概述	318
7.2.2 三菱 FX _{2N} 系列 PLC 内部编程元件及其功能	319
7.2.3 三菱 FX _{2N} 系列 PLC 的基本逻辑指令	324
7.2.4 步进顺控指令	328
7.2.5 梯形图程序的编写规则	332
7.3 知识充电站—三相交流异步电动机运转的 PLC 控制	334
7.3.1 电动机的启动与停止控制程序	334
7.3.2 具有点动调整功能的电动机启动与停止控制程序	334
7.3.3 互锁控制电路	335
7.3.4 集中与分散控制电路	335
模拟考场	337
7.4 实战训练场—PLC 控制电动机正、反转控制电路的安装	338
7.5 实战训练场—PLC 控制电动机 Y- Δ 减压启动控制电路的安装	340
7.6 实战训练场—三菱 PLC 编程软件 GX Developer 7.08 版与仿真软件 GX Simulator 6C 版的 使用	343
7.6.1 编程软件 GX Developer 7.08 的应用	343
7.6.2 仿真软件 GX Simulator 6C 的使用	349
7.7 实战训练场—中级维修电工理论考核模拟试题	354

8.1 知识充电站—维修电工安全技术操作规程及基本安全用电措施	367
8.1.1 维修电工安全基本知识	367
8.1.2 基本安全用电措施	369
8.1.3 接地与接零	371
8.1.4 漏电保护装置	376
8.2 知识充电站—电气设备的防火措施和灭火要求	379
8.2.1 电气设备的防火措施	379
8.2.2 电气火灾的补救方法	380
8.3 知识充电站—触电与救护	381
8.3.1 触电的概念	381
8.3.2 触电的急救方法	383
模拟考场	385
8.4 实战训练场—接地装置的安装	386

参考文献	391
------------	-----

1.1 知识充电站—直流电基本知识

1.1.1 电路基础

(1) 电路

电路是为了实现某种功能,由电气器件按一定方式连接而成的集合体。如图 1-1(a) 所示,手电筒是一个最简单的电路,它由电池、开关、导线、灯泡等组成一个电流的通路。比较复杂的电路呈网状,常称为网络。例如,由许多的电路元件连接组成电力系统。

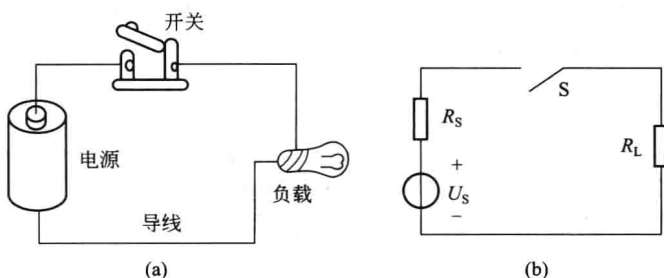


图 1-1 手电筒电路及其电路模型图

电路的作用之一是实现电能的传输和转换,例如电力系统等。电路的作用之二是实现信号的传递和处理,例如扩音器等。

一个完整的电路应包括电源(或信号源)、负载和中间环节三部分,是由发生、传送和应用电能(或电信号)的各种部件组成的总体。电源或信号源是提供电能或电信号的设备,常指发电机、蓄电池、整流装置、信号发生装置等设备;负载是使用电能或输出电信号的设备;中间环节指输电线、开关和熔断器等传输、控制和保护装置,或放大器等信号处理电路。

(2) 理想电路元件

为了便于电路分析,通常把实际器件理想化,只考虑其中起主要作用的某些电磁现象,而将其他电磁现象忽略,或将一些电磁现象分别处理。

实际电路器件理想化而得到的仅具有某种单一电磁性质的元件,称为理想电路元件,简称为电路元件。每一种电路元件体现某种基本现象,具有某种确定的电磁性质和精确的数学定义。

基本的电路元件有将电能转换为热能的电阻、表示电场性质的电容、表示磁场性质的电感, 这些元件称为无源元件, 还有表示电源的电压源和电流源, 称为有源元件。

电路元件按照其与电路其他部分相连接的端钮数, 可以分为二端元件和多端元件。二端元件通过两个端钮与电路其他部分连接, 多端元件通过三个或三个以上端钮与电路其他部分连接。

(3) 电路模型

由理想电路元件连接组成的电路称为电路模型。电路模型是实际电路的抽象和近似, 应当通过对电路的物理过程的观察分析来确定一个实际电路用什么样的电路模型表示。模型取得恰当, 对电路的分析与计算的结果就与实际情况接近。本书所说的电路均指由理想电路元件构成的电路模型。理想电路元件及其组合虽然与实际电路元件的性能不完全一致, 但在工程上允许的近似范围内, 实际电路完全可以用理想电路元件组成的电路代替, 从而使电路的分析与计算得到简化。如图 1-1(a) 所示的手电筒电路, 其电路模型如图 1-1(b) 所示。用 U_S 和 R_S 表示电源, S 表示开关, R_L 表示负载。

(4) 电流

导体中存在大量的自由电子, 当导体两端处在外电场作用下时, 导体内的自由电子就会定向移动而形成电流。电流的大小通常用电流强度来描述, 定义式为

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1-1)$$

式(1-1)中电量 q 的单位是库仑 (C), 时间 t 的单位是秒 (s), 电流 i 的单位是安培 (A)。习惯上规定正电荷运动的方向为电流的实际方向。

电流是可以随时间而任意变化的。我们将大小和方向随时间连续变化的电流称为交流电流, 用小写字母 i 表示, 如图 1-2(a)、图 1-2(b) 所示。

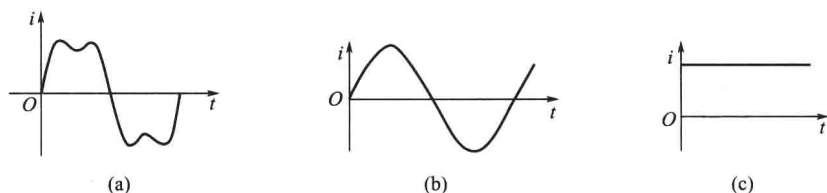


图 1-2 电流波形示意图

如图 1-2(c), 电流的大小和方向均不随时间变化时为稳恒直流电, 简称直流电。用大写字母 I 表示, 电流为

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-2)$$

注意: 电学中各电量的表示方法及正确书写。按照惯例, 不随时间变动的恒定电量或参量用大写字母表示, 如直流电压和电流分别用 “ U ” 和 “ I ” 表示; 随时间变动的电量或参量通常用小写字母表示, 如交变电压和电流分别用 “ u ” 和 “ i ” 表示。

电流的单位是安培 (A)。电力系统中某些电流可高达几千安培 (kA), 而电子技术中的电流往往仅为千分之几安培或更小, 因此电流的单位还有毫安 (mA) 和微安 (μA) 等, 电流各单位之间的换算关系为

$$1 \text{ kA} = 10^3 \text{ A} \quad 1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A} \quad 1 \mu \text{A} = 10^{-6} \text{ A}$$

(5) 电压

电路中两点电位的差值称为电压, 电压是产生电流的根本原因。电压的大小反映了电路

中电场力做功的本领, 定义式为

$$U = \frac{dW}{dq} \quad (1-3)$$

式中, 电功 W 的单位是焦耳 (J), 电量 q 的单位是库仑 (C), 电压 U 的单位是伏特 (V)。

在大小和方向都不随时间变化的直流电路中, 电压用 “ U ” 表示。电学中规定电压的实际方向由电位高的 “+” 端指向电位低的 “-” 端, 即电位降低的方向。

在国际单位制 (SI) 中, 电压的单位是伏特 (V), 简称伏。除了伏特 (V) 外, 常用的还有 kV、mV 和 μV 等。电压各单位之间的换算关系为

$$1\text{kV} = 10^3\text{V} \quad 1\text{mV} = 10^{-3}\text{V} \quad 1\mu\text{V} = 10^{-6}\text{V}$$

(6) 参考方向

在分析和计算较为复杂的电路时, 某些支路电流或元件端电压的实际方向和真实极性往往难以事先判断, 造成我们在对电路列写方程式时, 无法判断这些电压、电流在方程式中的正、负号。为解决这一难题, 电学中通常采用参考方向的方法: 在待分析的电路模型图中, 假定出各支路电流或各元件两端电压的方向和极性, 称为参考方向。支路电流的参考方向一般用带箭头的线段表示, 元件端电压的参考方向一般用 “+” 和 “-” 号表示 (也可用带箭头线段表示, 箭头方向应为从 “+” 到 “-” 的方向)。依据这些参考方向, 可方便地确定出各支路电流及其元件端电压在方程式中的正、负号。

任意规定某一方向作为电流数值为正的方向, 称为电流的参考方向, 也称为电流的正方向。它是一个任意假定的电流方向, 用箭头表示在电路上, 并标以符号 i , 如图 1-3(a) 所示。如果电流 i 为正值, 则电路中电流实际方向与电流参考方向一致, 如图 1-3(b) 所示; 如果电流 i 为负值, 则电路中电流实际方向与电流参考方向相反, 如图 1-3(c) 所示。需要注意的是, 未规定电流的参考方向时, 电流的正负没有任何意义。

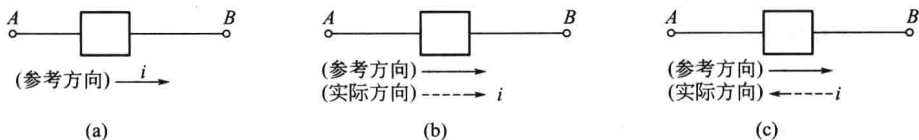


图 1-3 电流的参考方向

一般地, 在元件或电路两端用符号 “+”、“-” 分别标定正负极性, 由正极指向负极的方向为电压的参考方向, 并以箭头表示或用双下标表示如 U_{AB} 。如果电压 U 为正值, 则实际方向与参考方向一致; 如果电压 U 为负值, 则实际方向与参考方向相反。



提示

参考方向原则上可以任意假定。参考方向不一定与各电流、电压的实际方向相符。只有在电压、电流参考方向选定之后, 方程式中各量的正负取值才有意义。

如果指定流过元件的电流参考方向是从标以电压正极性的一端指向负极性的一端, 即两者的参考方向一致, 则把电流和电压的这种参考方向称为关联参考方向; 当两者不一致时, 称为非关联参考方向。在分析计算复杂电路时, 如果已经知道电流、电压的实际方向, 则取它们的参考方向与实际方向一致; 对于不能确定实际方向的电路, 则一般采用关联参考方向。

例 1-1 在如图 1-4 所示的电路中, 已知 $U_1 = 10\text{V}$, $U_2 = -16\text{V}$, $U_3 = -4\text{V}$, 试

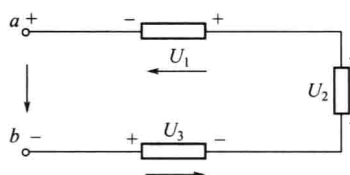


图 1-4 例 1-1 电路图

求 U_{ab} 。

解：标定 a 、 b 两点间电压的参考方向如图 1-4 所示，则

$$U_{ab} = -U_1 + U_2 - U_3 \\ = -10 + (-16) - (-4) = -22\text{V}$$

U_{ab} 为负值，表明电压的实际方向由 b 点指向 a 点，

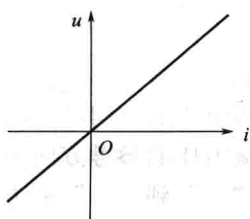
即 b 点是高电位点。

1.1.2 电路元件

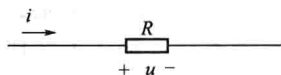
(1) 电阻元件

电阻元件是一种最常见的、用来反映电能消耗的二端元件。电阻元件的特性可以用元件的电压与电流的代数关系表示，在任意时刻电阻元件的电压与电流的关系可以用一条确定的伏安特性曲线描述，并且这条曲线可通过实验获得。

若电阻元件的伏安特性曲线是通过原点的直线，称为线性电阻元件；否则，称为非线性电阻元件。如白炽灯相当于一个线性电阻元件，二极管是一个非线性电阻元件。图 1-5 给出了电阻元件在线性时的伏安特性曲线及电路符号。



(a) 线性电阻的伏安特性曲线



(b) 线性电阻的电路符号

图 1-5 电阻元件在线性时的伏安特性曲线和电路符号

在关联参考方向下，流过线性电阻元件的电流与电阻两端的电压成正比，若令比例系数为 R ，则表达式为

$$u = Ri \quad (1-4)$$

非关联参考方向下，

$$u = -Ri \quad (1-5)$$

这就是欧姆定律。比例系数 R 是一个反映电路中电能损耗的参数，它是一个与电压、电流均无关的常数，称为电阻。

在国际单位制 (SI) 中，电压 u 的单位是伏 (V)，电流 i 的单位是安 (A)，电阻 R 的单位是欧姆 (Ω)，简称欧。当流过电阻的电流是 1A、电阻两端的电压是 1V 时，电阻元件的电阻为 1Ω 。常用单位还有千欧 ($k\Omega$) 和兆欧 ($M\Omega$) 等。

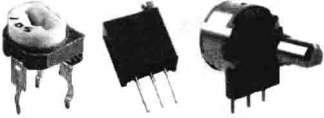
$$1M\Omega = 10^3 k\Omega = 10^6 \Omega$$

严格地说，线性电阻是不存在的，但绝大多数电阻在一定的工作范围内都非常接近线性电阻的条件，因此可用线性电阻作为它们的模型。实际中碳膜、金属膜、绕线电阻器使用较多。常用电阻元件的外形、特点见表 1-1。

表 1-1 常用电阻元件的外形和特点

电阻名称	实物图	特点
碳膜电阻		碳膜电阻稳定性较高，噪声也比较低。
金属膜电阻		金属膜和金属氧化膜电阻具有噪声低，耐高温，体积小，稳定性和精密度高等特点。

续表

电阻名称	实物图	特点
热敏电阻		热敏电阻包括正温度系数 (PTC) 和负温度系数 (NTC) 热敏电阻。热敏电阻的主要特点是: 灵敏度较高; 工作温度范围宽; 体积小。
绕线电阻器		绕线电阻有固定和可调式两种。特点是稳定、耐热性能好, 噪声小、误差范围小。额定功率大都在 1W 以上。
电位器		碳膜电位器稳定性较高, 噪声较小; 带开关的电位器; 推拉式带开关碳膜电位器使用寿命长, 调节方便; 微调电位器。
保险电阻		保险电阻在正常情况下具有普通电阻的功能, 一旦电路出现故障, 超过其额定功率时, 它会在规定时间内断开电路, 从而达到保护其他元器件的作用。

(2) 电容元件

在两个导体之间如果用绝缘物质隔开时, 就构成了一个电容器。组成电容器的两个导体叫极板, 中间的绝缘物叫电容器的介质。广义地说, 任意两个互相绝缘的金属导体的组合, 都可以看作是一个电容器。

电容器是一种存储电荷的容器。在使电容器的一个极板带上正电荷, 另一个极板带上等量负电荷, 那么异性电荷就要互相吸引而保持在电容器的极板上, 所以就是说, 电容器存储了电荷。图 1-6 为电容器的电路符号。从电容器的两端引出电极, 可将电容器接到电路中去。当电容器一个极板上带有正电荷时, 由于静电感应, 另一个极板上必定带有等量的负电荷, 两极板间产生电压, 并在电介质中形成电场。忽略电容器的电介质损耗和漏电流, 便可认为它是一个储存电场能量的理想元件, 得到实际电容器的理想化模型。

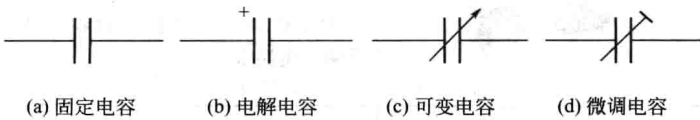


图 1-6 电容器的电路符号

实验证明, 极板间的电压与极板所带的电荷量有关, 如果电荷量与电压成正比关系, 称为线性电容元件。线性电容元件是一个二端元件, 电荷量与电压的比值称为电容, 定义为

$$C=\frac{q}{U} \tag{1-6}$$

其中 U 为电容器两个极板间的电压。

在国际单位制 (SI) 中, 电容的单位是法拉 (F), 简称法。电量的单位是库仑 (C), 简称库。常用的电容单位有毫法 (mF)、微法 (μ F)、纳法 (nF) 和皮法 (pF), 它们之间的换算关系是:

$$1\text{F}=10^3\text{mF}=10^6\mu\text{F}=10^9\text{nF}=10^{12}\text{pF}$$

当电容器极板间电压变化时, 极板间电荷也随之变化, 电容器电路中出现电流, 当电容元件两端的电压不变时, 极板上的电荷也不变化, 电路中便没有电流。当电压、电流为关联

参考方向时，则电流

$$i=\frac{dq}{dt}=C\frac{du}{dt}$$

(1-7)

当 u 、 i 为非关联参考方向时有

$$i=-C\frac{du}{dt}$$

(1-8)

电容器不仅能储存电荷，还能储存能量。电压与电流采用关联参考方向，电容元件吸收的功率为

$$p=ui=uC\frac{du}{dt}$$

当电压由 0 增大到 u 时，电容元件储存的电场能量为

$$W_c=\int_0^u Cud u=\frac{1}{2}Cu^2$$

(1-9)

n 个电容串联的电路，等效电容 C 满足下式

$$\frac{1}{C}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\cdots+\frac{1}{C_n}$$

可以看出，串联等效电容的计算公式与并联等效电阻的计算公式相似。

n 个电容并联的电路，等效电容 C 满足下式

$$C=C_1+C_2+\cdots+C_n$$

可以看出，并联等效电容的计算公式与串联等效电阻的计算公式相似。

电容器基本上分为固定的和可变的两大类。固定电容器按介质来分，有云母电容器、陶瓷电容器、纸介电容器、薄膜电容器（包括塑料、涤纶等）、玻璃釉电容器和电解电容器等。可变电容器有空气可变电容器、密封可变电容器两类。半可变电容器又分为塑料薄膜微调 and 线绕微调电容器等。常用的电容元件的外形、特点如表 1-2 所示。

表 1-2 常用电容元件的外形和特点

电容名称	实物图	特点
云母电容器		耐高温、高压，性能稳定，体积小，漏电小，但电容量小，宜用于高频电路中。
陶瓷电容器		耐高温，体积小，性能稳定，漏电小，但电容量小。可用于高频电路中。
纸介电容器		价格低，损耗大，体积也较大。宜用于低频电路中。
金属化纸介电容器		体积小，电容量较大，受高电压击穿后，能“自愈”。即当电压恢复正常后，该电容器仍然能照常工作。一般用于低频电路中。
独石电容器		独石电容器是多层陶瓷电容器的别称。温度特性好，频率特性好，容量比较稳定。

续表

电容名称	实物图	特点
钽电容器		钽电容器是一种电解电容器。体积小,容量大,性能稳定,寿命长,绝缘电阻大,温度特性好。用于要求较高的设备中。
电解电容器		电容量大,有固定的极性,漏电大,损耗大,宜用于电源滤波电路中。
微调电容器		用螺钉调节两组金属片间的距离来改变电容量。一般用于振荡或补偿电路中。
可变电容器		它是由一组(多组)定片和一组(多组)动片所构成。它们的容量随动片组转动的角度不同而改变。

(3) 电感元件

许多电器的主要部件就是一个电感线圈,收音机的接收电路、电视机的高频头也都包含许多电感线圈。图 1-7(a) 所示是用导线绕制的实际电感线圈,通入电流 i 后会产生磁通 Φ ,若磁通 Φ 与线圈 N 匝相交链,则磁通链 $\Psi_L = N\Phi$ 。根据法拉第电磁感应定律,电感元件两端电压和通过电感元件的电流为关联参考方向时,有

$$u_L = N \frac{d\Phi}{dt} = \frac{d\Psi_L}{dt} = L \frac{di}{dt} \tag{1-10}$$

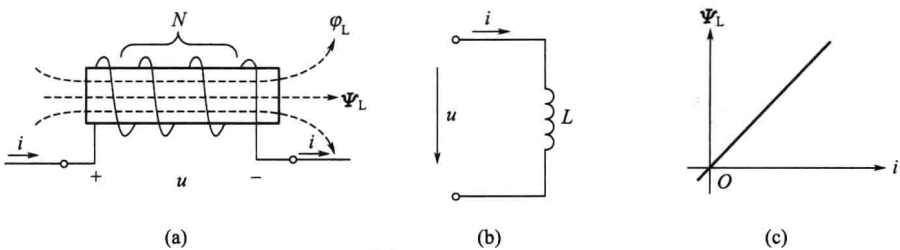


图 1-7 电感元件的图形符号及韦安特性

式(1-10)中,电压单位为 V,电流单位为 A,磁链单位是韦伯(Wb),时间单位是秒(s)时,电感量 L 的单位是亨利(H)。电感量 L 是表征电感线圈储存磁场能量本领的物理量,从制造厂出来时就已经确定,电感量的大小通常定义为

$$L = \frac{\Psi}{i} \tag{1-11}$$

式(1-11)中, Ψ 为线圈自感磁通链,单位为韦伯(Wb); i 为流过线圈的电流,单位为安(A); L 为线圈的自感系数,单位为亨利(H)。

L 是线圈的自感系数,又叫线圈的电感量,简称为自感或电感。同样,电感这一术语一方面表示电感元件,另一方面又表示元件参数大小的度量。电感量是电感线圈的一个重要参数,反映了电感元件存储磁场能量的能力。本书只讨论线性电感元件,电感元件的图形符号如图 1-7(b) 所示。

电感的国际单位(SI)是亨利,简称亨(H),常用单位还有毫亨(mH)和微亨(μH),它们的换算关系为

$$1\text{H}=10^3\text{mH}=10^6\mu\text{H}$$

理想电感元件不耗能,是电路中存储磁场能器件的理想化模型,储存的磁能为

$$W_L = \int_0^i Li \, di = \frac{1}{2} Li^2 \quad (1-12)$$

式(1-12)中电感量 L 的单位为亨利(H),电流的单位为安培(A)时,磁能的单位是焦耳(J)。

式(1-12)说明:关联参考方向下,电感元件总是从电路吸收电能的,并把吸收的电能转换成磁场能的形式储存。

电感器可分为固定电感和可变电感两大类。按导磁性质可分为空心线圈、磁心线圈和铜心线圈等;按用途可分为高频扼流线圈、低频扼流线圈、调谐线圈等;按结构特点可分为单层、多层等。

1.1.3 欧姆定律

(1) 部分电路欧姆定律

部分欧姆定律是指在如图1-8所示的电路中,流过导体的电流强度,与该导体两端的电压成正比,与导体的电阻成反比。即:

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-13)$$

式中(1-13), I 为导体中的电流,单位是A; U 为导体两端的电压,单位是V; R 为导体的电阻,单位是 Ω 。

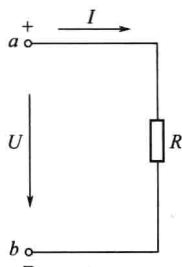


图 1-8 欧姆定律

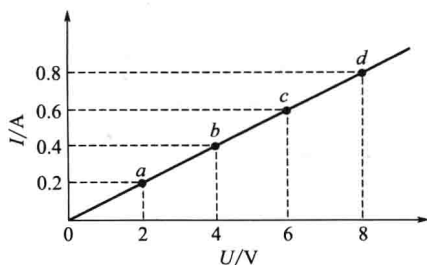


图 1-9 线性电阻的电压、电流关系

欧姆定律表明了电路中电流、电压、电阻三者之间的联系,是电路分析的基本定律之一,实际应用非常广泛。电压、电流关系可以用图1-9所示的曲线表示。它是以电压为横坐标,电流为纵坐标,来描述出电阻上的电压与电流之关系,通常称为此电阻的电压、电流关系曲线。由于电阻的电压、电流关系曲线是直线,所以该电阻称为线性电阻,其电阻值 R 是个常数。

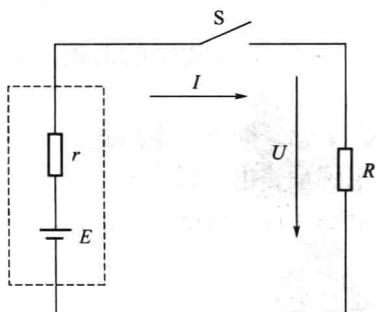


图 1-10 全电路欧姆定律

图1-9中可以看出 a, b, c, d 等点均在一条直线上。由线性元件组成的电路称为线性电路。通常由电阻组成的电路称为线性电路。

(2) 全电路欧姆定律

全电路是指由内电路和外电路组成的闭合电路的整体,如图1-10所示。图中的虚线框内代表一个电源,称为内电路。电源内部一般都有内阻,用字母 r 或者 R_0 表示。内电阻可以单独画出,如图1-10所示,也可以不单